

Fenntartható innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálati keretrendszerei

Deutsch Nikolett

*Az elmúlt évtizedekben, mind az elméleti, mind a gyakorlati kutatásokat tekintve egyre nagyobb figyelem helyeződött a fenntartható fejlődés és az innovációk kapcsolatának vizsgálatára. Emellett áthelyeződött a hangsúly a passzív és csővégi, valamint a szennyezés-megelőzést támogató innovációk vizsgálatáról a rendszerszintű változásokat indukáló fenntartható innovációk elemzésére. Jelen cikk arra tesz kísérletet, hogy rendszerezze a különböző fenntartható innovációs fogalmakat, feltárja a fenntartható rendszerinnovációk fontosságát, és bemutassa az egyes újítások rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatát segítő elemzési keretrendszereket.**

Kulcsszavak: fenntartható fejlődés, rendszerinnováció, rendszerinnovációs potenciál

1. Bevezetés

A Brundtland Bizottság 1987-es fenntartható fejlődési definíciójának megjelenése óta nemcsak a fenntarthatóság fogalmának különböző értelmezései jelentek meg, hanem a fenntarthatósági célkitűzések elérésének eltérő megközelítései is napvilágot láttak. A kutatások egyik fő iránya (Kerekes–Kindler 1997; Prahalad–Hammond 2002) a vállalatok szerepvállalását emeli ki, és hangsúlyozza a környezettudatos gazdálkodás fontosságát. Emellett számos kutatási irányzat (von Weizsäcker et al. 1996; Marshall 2007) hirdeti a technológia fenntarthatósági célok elérésében betöltött szerepvállalásának fontosságát, és külön kutatások specializálódtak továbbá a fenntartható fejlődés céljainak elérése érdekében meghozandó értékbeli, fogyasztásbeli és életvitelbeli változások tanulmányozására (Schäfferné 2008), illetve az állam által alkalmazható szabályozási és beavatkozási eszközök vizsgálatára (Voß et al. 2006; Bela et al. 2003). Valamennyi irányzat szerint kiemelt szerep tulajdonítható az innovációnak, hiszen a technológiai, szervezeti, intézményi és megközelítésbeli újdonságok befolyásolják azt a jövőt, melyben a következő generációknak élniük kell. Ugyanakkor, a technológiai innováció fenntartható fejlődés céljainak elérésében betöltött szerepével kapcsolatos érzések, vélemények ambivalensek, hiszen a technológia egyrészt nagymértékben járult hozzá a jelenlegi helyzet, a fenntarthatósági elveket kevéssé, vagy nem támogató fejlődési folyamatok kialakulásához, ugyanakkor

* A tanulmány a TAMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0058 projekt támogatásával készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

nagy szerepet tölthet be a fenntartható fejlődést szolgáló megoldások megtalálásában is (Deutsch 2006). A fenntartható fejlődés fogalma a gazdasági, környezeti és társadalmi fejlődést kapcsolja össze, és ezen fejlődési dimenziók optimalizálása nagymértékben függ a rendelkezésre álló technológiától, innovációs stratégiáktól, és azok intézményi feltételeitől. A gazdasági és környezeti dimenziók kapcsolatában – az ún. „gyenge fenntarthatóság” hívei (Gutés 1996; Pearce–Atkinson 1993) szerint – a technológiai innováció egyrészt lehetővé teheti a természeti tőkének az ember által létrehozott mesterséges tőkével történő helyettesítését¹, másrészt segítheti a természeti környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatások mérséklését. A technológiai innovációnak a gazdasági és környezeti fejlődés közötti összhang megteremtésében játszott szerepét igazolhatja, hogy az egyes inputok gazdasági tevékenységek során történő használatát, mennyiségi és minőségi értelemben is befolyásolják a rendelkezésre álló és alkalmazott műtárgyak, gyakorlatok és ismeretek, vagyis a technológia sokasága és típusa. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a technológiai innováció révén megváltozhat az egyes tevékenységek materiális alapja. A technológiai innováció fontos szerepet játszhat a gazdasági és társadalmi dimenziók összhangjának kialakításában, hiszen hozzájárulhat az emberi, pénzügyi, anyagi tőke egymást kiegészítő jellegének, egyensúlyának megteremtéséhez, a társadalmi kirekesztettség, egyenlőtlenség felszámolásához. A társadalmi és környezeti dimenziók kapcsolódását a fogyasztási szokások, az életvitel változtatásának támogatásával szolgálhatja, azaz a technológiai innováció révén kialakulhat egyfajta szinergia a természeti tőke megőrzése és az életminőség növelése között. Az egyes pillérek, kapcsolódások koherenciáját pedig az intézményi dimenzió, azaz a technológiai innováció intézményesülése, társadalmi beágyazódása hivatott biztosítani (Deutsch 2011).

Jelen cikk célja a különböző innovációs fogalmak rendszerezése, a fenntartható rendszerinnovációk megkülönböztető jegyeinek és fontosságának feltárása. A szerző a technológiai rendszerek radikális változásokkal szembeni ellenállásának forrásaira építve mutatja be a szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatára alkalmazható elemzési keretrendszerét.

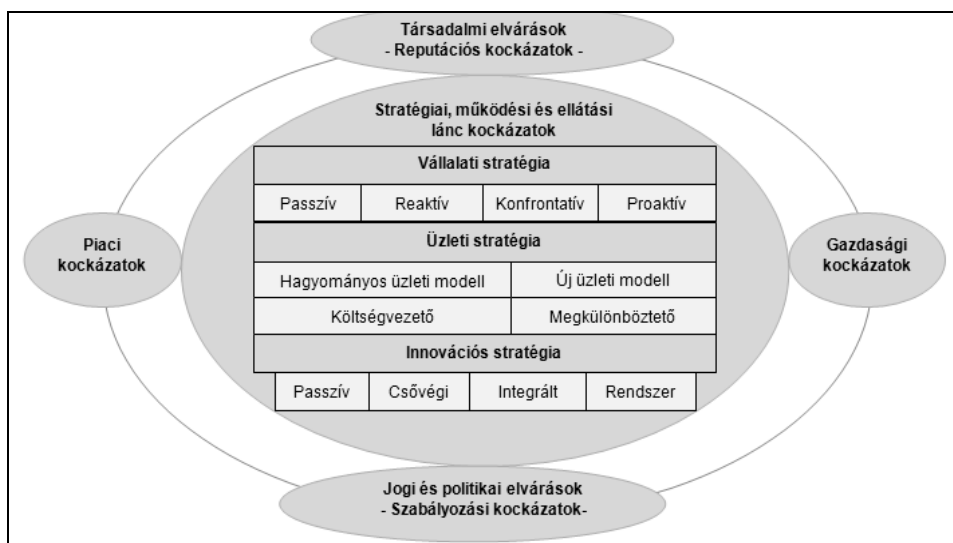
2. A fenntartható fejlődés és az innováció kapcsolata – a rendszerinnovációk szerepe

A fenntartható fejlődés fogalmának megjelenése és előtérbe kerülése mögött elsősorban az emberi tevékenységhez köthető klímaváltozás, globális felmelegedés, a népesség növekedése és az urbanizáció gerjesztette keresletnövekedés, az inter- és intragenerációs eltérések, az ezen tényezőkkel összefüggésbe hozható olyan társadalmi és környezeti hatások húzódnak meg, mint például a talaj-, a víz- és légszenny-

¹ Ezzel szemben az „erős fenntarthatóság” a „nem-helyettesíthetőség paradigmáját” képviseli, vagyis azt az elgondolást támogatja, hogy nincs lehetőség arra, hogy a természeti tőke csökkenését az ember által alkotott tőketípusok kiváltásák (Constanza–Daly 1992; Buday-Sántha 2004).

nyezés, az emberi egészségre és biodiverzításra gyakorolt káros hatások, a szűkösen rendelkezésre álló természeti erőforrások és nyersanyagok csökkenése, valamint a nem megújuló erőforrások, nyersanyagok miatti nemzeti importfüggőség és ellátás-biztonsági problémák. A vállalatok oldaláról nézve a fenti tényezők és hatások alkalmazkodási kényszert és stratégiai lehetőségeket képviselő kockázatokat egyaránt takarnak.

1. ábra Fenntarthatósági kockázatok és lehetőségek - innovációs tevékenységek



Forrás: saját szerkesztés

Ahogy az *1. ábra* is szemlélteti, a vállalatokat különböző nyomások érik a nemzeti, nemzetközi szabályozás és politika, a társadalom, és a közösségek oldaláról. Vitathatatlan, hogy a vállalatok számára a legerősebb motiváló erővel a szabályozási kockázatokat képviselő egyre szigorodó iparági és környezetvédelmi szabályok, előírások, nemzetközi megállapodások bírnak. Ám a vállalatok társadalmi és pénzügyi teljesítményének kapcsolatát vizsgáló tanulmányok (Bechetti et al. 2007) azt mutatják, hogy ha a vállalatok stratégiájáról, tevékenységeiről kiderül, hogy sértik a társadalom íratlan szabályait, etikai normáit, vagy veszélyeztetik a helyi közösségek és a természeti környezet létét, a cég számíthat a beruházók és a fogyasztók „szankcióira” is. A vállalatok megítélésében bekövetkezett negatív elmozdulás egyben a vevői lojalitás csökkenését, a potenciális beruházók távol maradását (a cégnek tulajdonított magas kockázat miatt), így a vállalati érték visszaesését is jelenti. Hasonló kockázatokkal találhatja szemben magát a vállalat akkor is, ha nem veszi figyelembe a vevők, fogyasztók preferenciarendszerében bekövetkezett változásokat. A fenntartható fejlődés elvével konzisztens vállalati magatartás talán legtöbbet vizsgált motiváló erejének a gazdasági kockázatok tekinthetők. Ebbe a kockázati kategó-

riába sorolhatjuk például a természeti erőforrások és a fosszilis energiahordozók árának fluktuációját, vagy az importfüggőség miatti gazdasági kiszolgáltatottságot. Végül meg kell említeni a stratégiai, működési és ellátási lánc kockázatokat is, melyek egyrészt a külső kihívások, másrészt a belső hatékonysági problémák miatt jelentkeznek. A környezettudatos gazdálkodás mellett elkötelezettséget vállaló cégek beszállítói és disztribúciós partnereiktől is elvárják a társadalmi, gazdasági és környezeti szempontok stratégiai és operatív döntéseik során történő érvényesítését, intézkedéseik összehangolását, a különböző minősítések és tanúsítványok (pl. ISO14001, EMAS) megszerzését. A belső hatékonysági problémákkal küzdő, külső környezetben bekövetkező változásokra reagálni képtelen vállalatok versenytársaikhoz képest, hosszú távon érvényes jelentős hátrányba kerülhetnek. A bemutatott kockázati tényezők olyan alkalmazkodási kényszert jelentenek a vállalatok számára, melyeknek meg kell felelniük, és azt a különböző érintett csoportok irányába is igazolniuk kell (Lee–Green 1994). Nő azon vállalatok száma, melyek felismerik a kockázati tényezőkben rejlő új piaci lehetőségeket, képesek látni bennük a fenntartható versenyelőny forrását. Sokszor a cégek olyan fenntarthatósággal kapcsolatos etikai, műszaki standardokat alkalmaznak, melyek túlmutatnak a jelenlegi szabályozásokon, általános gyakorlatokon, és versenyelőnyre tehetnek szert általuk, a vevői lojalitás növelése, a piaci részesedés fokozása, illetve az üzleti kockázatok csökkentése révén (Deutsch–Turzó 2005). A környezetbarát termékek, szolgáltatások iránti igény erősödő tendenciája lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy újrapozícionálják magukat, és a versenytárs termékekkel/szolgáltatásokkal szembeni környezeti előnyeikre építsék azok egyedi, megkülönböztető jellegét. Másrészt azok a vállalatok, melyek képesek a szervezeti, technológiai és/vagy gyártási és szolgáltatási hatékonyságuk fokozására, környezetre gyakorolt káros hatásaik mérséklésére, olyan költségstruktúrát alakíthatnak ki, mellyel szemben a passzív magatartást tanúsító, magasabb működési költségekkel jellemezhető versenytárs vállalatok hátrányba kerülhetnek. Nem is beszélve a teljesen új üzletágak megjelenéséről, illetve a korábban profitabilitásukért küzdő ágazatok megerősödéséről. A fenti megállapítások alapján pedig kijelenthető, hogy tekintse bár a vállalat kényszernek, vagy lehetőségnek a fenntarthatósággal kapcsolatos kockázatokat, azokra mindenképpen stratégiai válaszokat kell adnia. A válaszok stratégiai szintre emelése pedig a vállalati, üzleti és innovációs stratégiák újragondolásával tehető meg.

Az innováció fenntarthatóságban betöltött szerepével foglalkozó kutatások általában eltérnek a tekintetben, hogy vizsgálatuk középpontjában a környezeti, vagy a fenntartható innovációk állnak-e, illetve, hogy milyen mértékű változást eredményező, milyen szinten jelentkező újításokkal foglalkoznak. A környezeti innovációk általában két módon definiálhatók. Az egyik mód az innovátor szándékának alapul vétele. Ebben az értelemben a környezeti innovációk kizárólag azokat az innovációkat foglalják magukban, melyeket környezetvédelmi céllal hívnak életre (Markusson–Olofsdotter 2001). A szándék-alapú meghatározás alkalmazása esetén azonban figyelmen kívül hagyhatunk olyan innovációkat is, melyek hozzájárulhatnak a tisz-

tább termeléshez. A másik megközelítés az innovációk környezeti teljesítményének vizsgálatán alapul. Clayton et al. (1999) szerint a környezeti innovációk fogalma alatt mindazon új, vagy módosított folyamatokat, technikákat, gyakorlatokat, rendszereket, termékeket és szolgáltatásokat értjük, melyek révén elkerülhető, vagy csökkenthető a természeti környezet károsítása. Ez utóbbi definíció értelmében a környezeti innovációk környezetvédelmi célzattal, illetve előre meghatározott, konkrét környezetvédelmi cél nélkül is megjelenhetnek, hiszen az olyan hagyományos üzleti célok is motiválhatják létrejöttüket, mint a profitabilitás, vagy a termékminőség javítása. Ennek értelmében, a környezeti innovációk által nyerhető vállalati haszon a környezeti haszonnal kombinálva jelentkezhethet. Ezzel szemben, a fenntartható innovációk definiálásához vissza kell nyúlnunk a fenntartható fejlődés három alappillérehez, hiszen a fenntartható innovációk magukban foglalják azokat az új, vagy módosított folyamatokat, technikákat, gyakorlatokat, rendszereket, termékeket és szolgáltatásokat, melyek tényleges pozitív hatással vannak a környezetre, gazdaságra, és a társadalomra egyaránt (Kemp–Arundel 1998).

Az 1970-es évek óta számos közgazdász foglalkozik annak vizsgálatával, hogyan segítheti a technológiai innováció a környezetvédelmi és fenntarthatósági célok elérését, illetve, hogy milyen tényezők befolyásolhatják azok terjedését (Grübler 1998). Ezen kutatások a termék/szolgáltatás innovációkat, a folyamatinnovációkat, a termékek szolgáltatásokkal való helyettesítését, valamint a funkcionális változásokat előidéző innovációkat ölelik fel (Kurz 1996).

Technológiai oldalról vizsgálva, a vállalatok a környezetszennyező tevékenység okozta problémákat passzív és aktív módszerekkel is kezelhetik, melyben döntő jelentősége van az innovációnak. A passzív környezetvédelem, azaz a kibocsátások koncentrációjának csökkentése csak a szennyezés hatásait mérsékeli. Az aktív módszerek alatt egyrészt a csővégi megoldásokat értjük, melyek a termelési folyamat érintetlenül hagyása mellett, a folyamat végén kísérlik meg a szennyezés/hulladékok visszaszorítását. Így, bár csökken az emisszió, az összegyűjtött, koncentrált szennyezőanyagok kezelése további problémákat hív életre. Az aktív környezetvédelem másik típusát összefoglaló néven szennyezés-megelőzési módszereknek hívják (Baranyi 1999). Céljuk a szennyezések, hulladékok környezetbe jutásának megakadályozása. A passzív és csővégi megoldások az ún. additív technológiák csoportjába tartoznak, azaz olyan technológiákat képviselnek, melyek révén már létező, termelési folyamatot, vagy terméket egészítenek ki a termelés, illetve a használat során jelentkező környezetkárosítás csökkentése érdekében. A szennyezés-megelőzés módszerei az ún. *integratív megoldások* kategóriájába sorolhatók, melyek alkalmazása révén a környezetre káros anyagok kibocsátása úgy csökken, hogy közben elkerüljük a további környezeti problémák generálását. Az integrált technológiák lehetőséget teremthetnek a ma még ismeretlen, de később felmerülő károk elkerülésére, továbbá kevesebb erőforrás felhasználásával nagyobb termelékenységhöz, és környezetvédelmi szempontból az előírások betartásánál lényegesen jobb eredményhez vezethetnek (Porter–van der Linde 1995). Míg az additív technológiák anélkül növel-

hetik a termelési költségeket, hogy nem javítanak jelentős mértékben az output lényeges jellemzőin, addig az integrált megoldások ellen szólnak magas beruházási költségeik, nagyobb gazdasági kockázataik, és a szükséges információk megszerzésének magasabb költségei (Deutsch 2006, 52-53. o.). Az új üzleti modellekben való gondolkodás példajaként említhető Hawken et al. (1999) munkája is, mely a termékek szolgáltatásokkal való helyettesítésének, kiváltásának lehetőségére is felhívják a figyelmet.

Több szerző figyelmeztet arra, hogy a meglévő technológiák ökohatékonyságának ösztönzése nem elegendő a fenntartható fejlődés követelményeinek eléréséhez, mert bár mennyiségileg csökkentheti a környezetbe jutó szennyezés mértékét, nem számolja fel azokat. Ráadásul, véleményük szerint a visszapattanó hatás, vagy az ún. „N-görbe” problematikája miatt az ökohatékonyság fokozása révén nyerhető megtakarítások teljes mértékben nem realizálhatók (Málovics–Bajmócy 2009; Bajmócy–Málovics 2011). A termékek, szolgáltatások, folyamatok ökohatékonyságának növekedése előidézheti a használat növekedését, ami összességében akár magasabb környezetszennyezést is eredményezhet. A visszapattanó hatás példajaként említik általában az autók üzemanyag-hatékonyságának, vagy a háztartási berendezések energia-hatékonyságának javulását, melyet az eszközök használatának növekedése követett (Kerekes 2008). Más szavakkal, olyan intézményi, társadalmi, technológiai és szervezeti innovációk sokaságára van szükség, melyek összességében véve nem csupán a jelenlegi struktúra és kapcsolatrendszer együttes gazdasági, társadalmi és környezeti hatékonyságának fokozását, hanem annak új alapokra történő helyezését teszik lehetővé. A technológiák cseréje ennek értelmében szükséges, de nem elégséges feltétele a fenntartható fejlődés céljainak érvényesítéséhez. Mindezt felismerve, a tisztább technológiával, az egyedi technológiák zöldítésének lehetőségeivel, illetve a termékek szolgáltatásokkal való helyettesítésének lehetőségeivel, hatásaival foglalkozó irányzatok mellett, az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb figyelem helyeződött a rendszerinnovációk szerepének vizsgálatára.

A rendszerinnovációk különböző innovációk kombinált összességét jelentik, melyek új vagy meglévő termékek/szolgáltatások nyújtását teszik lehetővé, miközben új logikát, alapelveket és gyakorlatokat hívnak életre (Berkhout 2002). Geels (2004) szerint a rendszerinnovációk három fő aspektust foglalnak magukban:

- Technológiai helyettesítés, ami az új technológia megjelenését, terjedését és a meglévő technológia kiváltását öleli fel.
- A technológiai helyettesítésen túl változásokat idéznek elő az intézményekben, hálózatokban, infrastruktúrában, kulturális jelentésekben.
- A szakító változások révén új funkciók jelennek meg, és megváltoztathatják a teljesítménymérés alapjait.

A rendszerinnovációk és a fenntarthatóság kapcsolatát tekintve Smith (2003) kijelenti, hogy míg a tisztább technológiával foglalkozó kutatások elsősorban azt vizsgálják, hogyan lehet egyedi technológiákat környezetbaráttá tenni, addig a

rendszerinnovációs vizsgálatok azt kutatják, hogyan lehet egy teljes termelési és fogyasztási rendszert társadalmi, gazdasági és környezeti szempontból fenntarthatóbb pályára állítani. Tukker és Tischner (2006) a fent bemutatott innovációs lehetőségeket az alábbi három kategóriába sorolja:

- A rendszeroptimalizálás szintjén a meglévő termelési és fogyasztási rendszerek struktúrája változatlan marad, pusztán annak fokozatos fejlesztése valósul meg. Ide sorolhatók a különböző termékek és szolgáltatások, termelési és fogyasztási rendszerek ökohatékonyságának javítását célzó innovációk, csövégi megoldások alkalmazása.
- A rendszer újratervezésének szintjén az ellátás és fogyasztás rendszerének újratervezése, az egyes alrendszerek és interakcióinak módosítása történik általában funkcionális, megtartó innovációk segítségével, a meglévő kontextus keretein belül maradva.
- A rendszerinnováció az a szint, ahol nemcsak a termékek és/vagy szolgáltatások, folyamatok optimalizálása történik meg a meglévő infrastrukturális és intézményi keretrendszer feltételeit betartva, hanem a teljes rendszer, azaz a rendszerelemek, azok kapcsolatainak és interakciónak, megváltoztatására is sor kerül. Ehhez olyan innovációk megjelenése és terjedése szükséges, melyek szakítanak az uralkodó megoldásokkal és elvekkkel, és segítenek a teljes rendszert fenntarthatóbb pályára állítani.

A *fenntartható rendszerinnovációk* ennek alapján úgy definiálhatók, mint olyan, különböző rendszerdimenziókban megjelenő innovációk összességei, melyek úgy teszik lehetővé az új termékek, vagy szolgáltatások biztosítását, hogy új logikát, gyakorlatokat, alapelveket hívnak életre, mellyel gazdasági, környezeti és társadalmi hasznokat is biztosítanak. A fenntartható rendszerinnovációs megközelítés arra hívja fel a figyelmet, hogy a fenntartható fejlődés céljainak érvényesítését komplex, állandó, rosszul strukturált és bizonytalan problémák gátolják, melyek felszámolására nem léteznek egyszerű, tökéletes megoldások. Nélkülözhetetlen a termelési és fogyasztási folyamatok, az alkalmazott technológiák, intézmények és politikák megújítása. Ez pedig azt jelenti, hogy a rendszerinnovációk nemcsak az ún. kemény (technológiai innovációkat), hanem az ún. puha (szervezeti, intézményi) innovációkat is magukban foglalják, vagyis a rendszerinnovációs megközelítés nem a fenntartható fejlődés elérésének egy újabb alternatíváját jelenti, hanem sokkal inkább a fenntarthatóság elérési pályáival foglalkozó elméleti irányzatok szerves egységét teremti meg. A fenntartható rendszerinnovációk esetében tehát a vizsgálat fókuszja az adott technológiai rendszerekről való átálláson van, hiszen ezen innovációk nemcsak a termékek, technológiák és a vevői bázis terén hoznak létre változásokat, hanem átalakítják a rendszer alkotóelemei közötti kapcsolatrendszert is. A technológiai rendszerek fenntartható pályára állítását olyan technológiai innovációk támogathatják, melyek egyidejűleg képesek arra, hogy a műszaki és technológiai jellemzők módosításán túl a termelési és fogyasztási alrendszerben, szokásokban, kulturális elemek-

ben, piaci szerkezetben is kedvező változásokat idézzenek elő, új elveket, logikát, funkciókat hozzanak létre. Annak érdekében, hogy a fenntarthatósági célokat szolgáló szakító innováció rendszerinnovációs potenciálját azonosítani lehessen, át kell tekinteni, hogyan is vélekednek a különböző innovációs elméleti irányzatok a technológiai rendszerek változásának folyamatáról és természetéről.

3. A technológiai rendszerek és azok változása

A technológiai rendszer fogalmának alkalmazása, elemzési keretként történő használata Ellul (1980) nevéhez köthető, aki a technológiai rendszer fogalma alatt a létező összes technológiai tényezőt értette. Szerinte egy technológiai rendszer létezik, melyet az egymással kölcsönkapcsolatban álló alrendszerek, betöltött funkcióik és a köztük lévő interakciók alkotnak. Ezzel szemben Hughes (1983) már önálló nagy technológiai rendszerekről (pl. villamosenergia-rendszer, telekommunikáció, vagy közlekedés) beszél, melyek részét képezik a természeti erőforrások, a fizikai műtárgyak, a szervezetek és az őket alkotó egyének, a köztük kiépülő hálózatok, valamint az intézmények, szabályozások is. Megközelítése szerint a technológiai rendszer ezen elemek között megnyilvánuló interakciók eredményeként jön létre. Míg Ellul és Hughes elméletének közös eleme, hogy a materiális tényezőkre helyezik a hangsúlyt, addig a nemzeti, regionális, illetve technológia-specifikus innovációs rendszerek elméleteiben a fő szerep a társadalmi rendszerekre, hálózatokra helyeződik, és mellőzik a rendszer materiális alapjait. Véleményük szerint a különböző innovációk megjelenését és terjedését nem csupán az azok kifejlesztésével és diffúziójával foglalkozó szereplők tevékenységei határozzák meg, mert ezek a szereplők egy innovációs rendszerbe ágyazódnak be, mely rendszer irányítja, befolyásolja és gátolja tevékenységeiket (Inzelt 1998). Míg az utóbbi esetben a technológiai rendszer elemzési egységként történő alkalmazása az adott innováció, innovációs klaszterek, vagy innovációs tevékenységek vizsgálatának egyfajta szükségszerű kiterjesztését jelenti, addig az előbbi megközelítésmód az adott technológiai rendszer transzformációját állítja középpontba. Mindezt alapul véve a *technológiai rendszer*² az adott technológiai alap (hardverek és szoftverek) köré szerveződött technológiai elemek, szervezetek, szereplők, azok hálózatainak, a köztük létrejövő interakcióknak, valamint a rendszer belső játékszabályait meghatározó intézményeknek az együtteseként értelmezhető.

Bár a rendszerszemléletet követő innovációs irányzatok, azaz az evolúciós közgazdaságtan, a hosszú hullámok, az innovációs rendszerek, a nagy technológiai

² A technológiai rendszer fogalma nem egyezik meg az innovációs rendszer fogalmával, mert a technológiai innovációs rendszer alatt az „*adott intézményi infrastruktúra alatt működő, speciális technológiai területen tevékenykedő, a technológia létrehozása, terjesztése, és használata érdekében egymással interakcióban álló szereplők hálózatát*” értjük (Carlsson–Stankiewicz 1991, 21. o.), melyből szinte teljesen kimaradnak az anyagi/tárgyi aspektusok.

rendszerek, a társadalmi konstruktivizmus, a techno-gazdasági hálózatok, valamint a kvázi evolúciós elméletek technológiai rendszerek változásával kapcsolatosan sajátos nézetekkel és fogalomhasználattal jellemezhetők, közös elemeket is alkalmaznak. Egyrészt mindegyik elméletben megjelenik az uralkodó technológiai rendszerek és a szakító innovációk kapcsolatának vizsgálata, bár az ellenállás megnevezésére a technológiai paradigma (Dosi 1982), technológiai rezsim (Nelson–Winter 1982; Malerba–Orsenigo 1993), techno-gazdasági paradigma (Freeman–Perez 1988), technológiai keret, belső lendület (Bijker 1995), illetve társadalmi-technológiai rezsim (Geels 2004) kifejezéseket alkalmazzák. Az eltérő megnevezések ellenére az elméletek egyetértenek abban, hogy a technológiai rendszerek egymással kapcsolatban álló heterogén elemekből épülnek fel, mely elemek közötti koherencia a rendszer fejlődése során alakul ki. Közös vonás a technológiai rendszerek fokozatos innovációk mentén fejlődő, dinamikusan stabil konfigurációkként történő kezelése is. Annak ellenére, hogy a fokozatos innovációk révén történő megújulás vonatkozásában az egyes irányzatok más-más elemek – materiális elemek (Hughes 1983), hálózatok (Callon 1992), heurisztikák és kognitív szabályok (Nelson–Winter 1982; Dosi 1982; Bijker 1995), az intézmények (Geels 2004) – jelentőségét hangsúlyozzák, valamennyi irányzatnál felfedezhető az az elgondolás, miszerint a megtartó újítások előnyben részesítése révén és tekintetében a rendszer homogén egységgé alakul így egyfajta, mind a belső, mind a külső szereplők magatartását befolyásoló politikai tulajdonságra is szert tesznek. Ahhoz tehát, hogy egy szakító innováció teret nyerhesen, a technológiai rendszerek fejlődése során megjelenő és megerősödő, az egyes szereplők magatartását és választását is irányító konfigurációval kell, hogy versenybe szálljon. A jelenség elnevezésére a *technológiai rezsim* kifejezést alkalmazhatjuk, mely a mérnöki gyakorlatok, a fogyasztói igények és gyakorlatok, a termékjellemzők, technológiák, tudás és képességek, eljárások, kulturális értelmezések, szabályok, infrastruktúra, ágazati és politikai jellemzők összessége, és egyszersmind olyan normatív és kognitív keretrendszer, mely az egyéni és kollektív cselekvéseket meghatározza. A technológiák, egyének, szervezetek, hálózatok és intézmények összességéből felépülő technológiai rendszerek az egyes elméleti irányzatok alapján olyan technológiai rezsimbe ágyazódnak be, melyek speciális társadalmi szolgáltatásokat biztosítanak, miközben arra tesznek kísérletet, hogy saját érdekeiket is ki-elégítsék, céljaikat megvalósítsák.

Fontos megemlíteni, hogy több szakirodalmi forrás is foglalkozik a technológiai rendszerek változását gátló technológiai és intézményi rögzítettség jelenségével és forrásaival. A technológiai bezáródás fő elméleti alapját az ún. „útfüggőség” elve képezi, mely szerint az egymással versengő innovációk kumulatív, és az adott technológiára jellemző fejlődési út eredményei (David 1985). Az útfüggőség jelensége nemcsak a technológiai, hanem az intézményi változások esetében is érzékelhetők, hiszen a fejlődési pályák bezáródását okozó fő hatások, mint például a méretgazdaságossági, tanulási és hálózati hatások, valamint a vevők adaptív várakozásai a különböző intézmények – azaz a gazdasági és társadalmi életben érvényesülő, társa-

dalmilag is szentesített szabályok, szokások, magatartási elvek, minták és normák – esetében is tetten érhetők (Foxon 2003; van den Bergh–Kemp 2006). Az is megállapítható továbbá, hogy a technológiai rendszerek történetileg kialakult stabilitása a változással szembeni ellenállás fő forrása. Unruh (2000) szerint a technológiai rendszerek szereplői a technológiai trajektória mentén fejlesztik tevékenységeiket, képességeiket, így, bár a technológiai trajektória az uralkodó termék fokozatos fejlődését eredményezi, korlátot szab a már piacon lévő, magas részesedéssel bíró vállalatok tudásbázisának fejlődése számára, és befolyásolja beruházási döntéseiket. A már piacon lévő vállalatok ugyanis a versenyképesség megőrzése érdekében tőkéjük domináns részét meglévő, alapvető képességeik fejlesztésére, azaz az uralkodó termék vagy minta megerősítésére fordítják. Ráadásul, a pénzügyi szervezetek kockázatkerülő hitel-kihelyezési gyakorlata is a már piacon lévő vállalatokat részesíti előnyben.

A meglévő technológiai trajektóriát támogatják továbbá azok a formális intézmények, melyek egyrészt lehetővé teszik az állam számára, hogy különböző érdekeket követve beavatkozzon a technológiai fejlődésbe, másrészt a fejlesztésekkel kapcsolatos bizonytalanság felszámolását, valamint a technológia legitimációját hivatottak biztosítani. A hálózati externáliáknak, tanulási hatásoknak és adaptív várakozásoknak köszönhetően a technológiai rendszer szereplőinek magatartása, tevékenysége, hitei, nézetei, és kapcsolatai, valamint a rendszer más technológiai rendszerekkel való interakciói is az uralkodó termék és trajektória támogatásának irányába rendeződnek. Ahogyan a technológia fejlesztésével és piacra vitelével foglalkozó vállalatok ereje nő, és az adott technológia dominanciája erősödik, az oktatási és kutatási tevékenységet folytató szervezetek is annak rendelik alá munkájukat, az új technológia tudományos és gyakorlati alapjait oktatják, annak továbbfejlesztésére, a velük kapcsolatos problémák felszámolására fordítják figyelmüket. Megjelennek azok az ipari, szakmai és társadalmi szervezetek, melyek összefogják a technológia fejlesztéséhez és alkalmazásához szükséges tapasztalatokkal, képességekkel bíró egyéneket, csoportokat és szervezeteket, melyek aktívan közreműködnek az adaptív várakozások megjelenésében. A technológiai rendszer legitimációjának erősödésével, intézményesülésével kialakulnak, átalakulnak a társadalom magatartását, életvitelét, és szemléletét befolyásoló normák, szokások és hitrendszerek. A technológiai rendszereknek, a technológiai és intézményi változások finomhangolásai, egymást erősítő hatásai, bonyolult, szimultán, kölcsönkapcsolatokon alapuló, fejlődése a változással szembeni ellenállás szövedékes hálóját teremti meg (Pataki 2000).

Az uralkodó technológiai rendszer magasan intézményesült rezsimje általában kizárja azokat az alternatívákat, melyek másfajta alapelvekre, a rendszerelemekre, a társadalom, gazdaság, politika és tudomány újfajta kapcsolat- és viszonyrendszerére épülnek, és ellentétesek a rendszer domináns szereplőinek érdekeivel. A technointézményi komplexum hatására az egyes szereplők és hálózataik, a formális és informális intézmények a meglévő, felhalmozott tapasztalatokra, ismeretekre, elvárásokra épülő, és a rendszer folyamatos optimalizációját biztosító, megtartó innováci-

ókat részesítik előnyben, miközben társadalmi szinten sem kérdőjeleződik meg a technológia, vagy a technológiai rendszer létjogosultsága. A techno-intézményi komplexum, vagy technológiai rezsim ebben az értelemben politikai hatalommal rendelkezik, képes arra, hogy az egyes szereplők tevékenységeit, alternatívaválasztási döntéseit rögzítse, illetve megváltoztassa (Mokken–Stokman 1976, 37. o.). Kemp (2008) és Sartorius–Zundel (2005) szerint a technológiai rezsimek felszámolása bár nem egyszerű, de nem is lehetetlen feladat. A technológiai rendszereket alkotó heterogén szereplők eltérő érdekei, preferenciái, az új tudományos eredmények okozta konszenzus-rombolás, a technológiai anomáliák, az alapvető innovációk, a csökkenő hozadékok, vagy az új piaci szereplők megjelenése új technológiai és intézményi paradigmák megjelenését eredményezheti. A technológiai rendszerek gazdasági, környezeti és társadalmi szempontból fenntarthatóbb pályára állítását biztosító új technológiáknak tehát nemcsak az uralkodó technológiával (annak jellemzőivel) kell felvenniük a versenyt, hanem azzal a teljes rendszerrel, melybe az adott technológia beágyazódik.

A fenntartható technológiák kifejlesztése, bevezetése és elterjesztése előtt tehát számos akadály tornyosul (Pataki 2000, 77. o.). A technológiai újításokat intézményi, strukturális és társadalmi változásoknak kell kísérniük, ahhoz, hogy az új technológiai rendszer irányába történő elmozdulás megjelenjen, lendületet kapjon. A technológiai innovációk rezsimváltoztatási képessége, és így a fenntartható innovációk rendszerváltoztatási képessége attól függ, hogy milyen mértékben kíséri őket (autonóm, vagy indukált módon) a rezsim szereplőinek (vállalatok, állam, szervezetek, hálózatok, társadalmi csoportok, egyének) gyakorlatát, tevékenységeit, és interakcióit befolyásoló intézményi logika gyengülése, az új megoldásokat támogató intézményi, strukturális háttér és tudásinfrastruktúra kialakulása, a társadalmi elfogadottság erősödése. Míg bizonyos változásokat a szakító technológiai megoldásokat alkalmazó és piacra vivő szereplők, hálózatok képesek megvalósítani, vagy befolyásolni (pl. beszállító cégek gyakorlatában bekövetkező változások), addig más, intézményi alapokon nyugvó – politikai, társadalmi, hálózat- és szabályozásbeli – változtatások az esetek többségében kívül esnek hatókörükön, vagy csak elenyésző hatást képesek gyakorolni rájuk. A fenntartható rendszerinnovációk megjelenését és terjedését tehát számos piaci és rendszerhiba (van den Bergh–Kemp 2006; Klein–Woolthuis et al. 2005) befolyásolja, melyek megoldásában nagy szerepe van az államnak.

Nem szabad megfeledkeznünk arról tehát, hogy a technológiai rezsim jelensége a szakító innovációkkal szemben a csővégi és megtartó innovációk preferálását eredményezheti. Liebowitz és Margolis (1998) szerint az uralkodó rendszer domináns technológiai alapjait megtartó innovációk támogatása akkor jelent kritikus problémát, ha a régi és új technológiák közötti választás pillanatában már tudjuk, hogy a domináns technológiánál az orvosolandó probléma (környezeti, gazdasági és társadalmi fenntarthatóság) tekintetében hatékonyabb megoldások is léteznek (Lafferty–Ruud 2008, 21. o.). Mindez az azonos alapfunkció kielégítését szolgáló

régi (domináns) és új (megjelenő), valamint az új és új technológiák jellemzőik alapján történő szétválasztását, és adott probléma szerinti összemérését teszi szükségesé. Meg kell bizonyosodnunk arról, hogy a szakító innovációt képviselő új technológiák az uralkodó rezsim domináns technológiáitól eltérő csoportba tartoznak, és környezeti, társadalmi, gazdasági, műszaki jellemzőik alapján a meglévő, domináns technológiákhoz viszonyítva, a fenntarthatóság szempontjából kedvezőbb választásnak tekinthetők. Az új funkció szempontjából kedvezőbb jellemzőkkel bíró radikális újítások térnyeréséhez és egyúttal a fenntartható innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatához nélkülözhetetlen a technológiai rezsimok kialakulásához vezető technológiai, társadalmi, intézményi, és pénzügyi források, hatások feltárása, felszámolása. Mindezek vizsgálatához pedig eltérő elemzési keretrendszerek is rendelkezésre állnak.

4. Rendszerinnovációs potenciál vizsgálati modelljei

A technológiai rendszerek és a bennük végbemenő változások elemzésének lehetséges modelljeit összesíti az *1. táblázat*.

Az egyik lehetőség a *technológiai rendszerek elemeinek és interakcióinak* elemzési módszerének alkalmazása, melyet elsősorban a technikatörténeti és szociológiai alapokon nyugvó kutatásokban érhetünk tetten. Ezen elemzésekben az egyes innovációk megjelenésének, terjedésének vizsgálata során a rendszerelemek és interakcióik történeti, elsősorban leíró elemzése valósul meg. Más szavakkal, az ilyen jellegű vizsgálatok bemutatják a rendszer materiális alapjait, fő szereplőit, a szereplők között kialakult, és kialakulóban lévő hálózatait, illetve az egyes elemek között fellépő interakciókat. A technológiai rendszerek elemeit bonyolult, szövedékes kapcsolati háló köti össze, így e módszer csak a vizsgált rendszer megfelelő idő- és térbeli lehatárolásával végezhető el.

A második lehetőség a *rendszerfunkciók vizsgálati módszertanának alkalmazása*, mely szerint azon funkciók halmazát kell megvizsgálni, melyek egy új technológiai innovációs rendszer megjelenéséhez, uralkodóvá válásához hozzájárulnak (Hekkert et al. 2007). Minél több ilyen rendszerfunkció kerül kielégítésre egy technológiai innovációs rendszeren belül, annál jobb annak teljesítménye, ami kedvezően befolyásolja a vizsgált újítások fejlesztését, terjedését és alkalmazását. A módszertan első lépését a vizsgálat tárgyát képező technológiai rendszer meghatározása és struktúrájának feltárása jelenti. A következő lépésben a technológiai rendszerben uralkodó funkciók, és a funkciók közötti interakciók, körfolyamatok vizsgálata történik, az ún. folyamateljárás módszerének alkalmazásával. Majd az ideálisnak tartott funkciók jellemzőinek meghatározására, illetve a rendszerfunkciók normatív értékelésére kerül sor. Így, az eljárás ezt követő szakaszában a technológiai rendszer azon mechanizmusainak azonosítására kerülhet sor, melyek a kívánt funkcionális minták megjelenését támogathatják, illetve annak akadályait képezhetik. A támogató és gát-

ló mechanizmusok feltárása pedig azt is lehetővé teszi, hogy a vizsgálat a politikai javaslatok megfogalmazásával záruljon. E módszertan, elsősorban a bonyolult vizs-
szacsatolási mechanizmusok vizsgálata miatt, az időben és térben szigorúan lehatá-
rolt, alacsonyabb aggregáltsági szinten lévő technológiai rendszerek dinamikus ter-
mészetének feltárására alkalmas, ami korlátozhatja a vizsgálatok általánosíthatóságát
(Hekkert et al. 2007; Bergek et al. 2008).

1. táblázat Technológiai rendszerek változásának elemzési keretrendszerei

Elemzési módszer	Technológiai rendszerek elemei és interakciói	Technológiai rendszerek funkciói	Technológiai rezsimek dimenziója
Vizsgált területek	Materiális alapok, sze- replők, hálózatok, in- tézmenyek, interakci- ók vizsgálata	Innovációs rendszerekben megjelenő funkciók vizsgálata: tanulás mechanizmusai, erőforrások elérhetősége, pia- cok ösztönzése, kutatási tevé- kenységek irányítása, vállal- közi tevékenység ösztönzé- se, változással szembeni el- lenállás leküzdése, támogató koalíciók kiépülése, pozitív externáliák megjelenése	Technológiai rezsimek di- menziói mentén történő vizsgálat: fizikai, jogi, szervezeti, piaci, politikai dimenziók
Vizsgálat módja	Rendszerelemek és interakcióik vizsgálata leíró elemzés segítsé- gével	Rendszer dinamikáját megha- tározó körfolyamatok vizsgá- lata, általában leíró jelleggel	Rezsimdimenziók mentén történő elemzés, mennyi- ségi és minőségi ismérvek segítségével, leíró jelleggel
Alkalmazás területe	Bonyolult kölcsön- kapcsolatok figyelmen kívül hagyása, térben és időben lehatárolt alacsonyabb aggre- gáltsági szinten lévő rendszerek	Funkciók közötti bonyolult kölcsönhatások nyomon kö- vetése miatt térben és időben lehatárolt, alacsonyabb aggre- gáltsági szintű rendszerek	Uralkodó és megjelenő technológiai rendszerek összehasonlítása. Uralkodó technológiai rezsimek és az újonnan megjelenő szakító innováció kölcsönkapcsolo- latainak elemzése
Gyakorlati alkalmazás	Ottens et al. (2006)	Jacobsson–Bergek (2004), Jacobsson et al. (2004)	Deutsch (2011)

Forrás: saját szerkesztés

A harmadik elemzési modell, azaz a *technológiai rezsimek dimenzionális vizs-
gálati* alapmodelljének megalkotása Hadjilambrinos (1998) nevéhez köthető, aki a
villamosenergia-rendszer példájára épített modellt elsősorban az egymással versen-
gő technológiai rendszerek összemérésére dolgozta ki. Szerinte a rendszerek össze-
mérését a rendszerek fizikai, szervezeti, intézményi és politikai dimenziói mentén
lehet elvégezni. A fizikai dimenzió vizsgálata a rendszer technológiai alapjainak
elemzését foglalja magában, azaz ennek keretein belül kell megvizsgálni az egymás-
sal versengő rendszerek materiális alapjait és azok jellemzőit. A szervezeti dimenzió

elemzése során tárhatók fel a rendszert alkotó domináns szervezetek fő jellemzői. Az intézményi dimenzió mentén végezhető el a vizsgált technológiai rendszerek társadalommal kiépített kapcsolatainak és interakcióinak elemzése. Végül a politikai dimenzió mentén célszerű megvizsgálni a különböző rendszerek kiépítését támogató ideológiai alapokat, a rendszerre jellemző döntéshozatali és előnymegosztási folyamatokat. A rendszerelemek és interakcióinak, illetve a rendszerfunkciók vizsgálatának módszertanához hasonlóan a dimenzionális vizsgálati módszer is a leíró elemzést támogatja. Bár a dimenzionális elemzési keretrendszer esetében – a technológiai rendszerek már bemutatott elemzési modelljéhez hasonlóan – az elemzési egységek (dimenziók, aldimenziók) vizsgálata során azok egymásra gyakorolt hatásával is foglalkozni kell, a modell alkalmas a magasabb aggregátságú szinten lévő rendszerek, rezsimek vizsgálatára, és lehetővé teszi az egyes dimenziók aldimenziók minőségi és mennyiségi ismérvekkel történő jellemzését is.

Ahogy azt már korábban kifejtettem, a rendszerszintű változásokat előidéző szakító innovációknak nemcsak az új vagy módosított termékek, szolgáltatások biztosítását kell lehetővé tenniük, hanem a technológiai, iparági, politikai és társadalmi változásokat eredményező új logikát, alapelveket és gyakorlatokat, azaz fokozatos és/vagy radikális újítások sokaságát is életre kell hívniuk. Így a technológiai rendszerek változását eredményező szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatához az alábbi területek elemzésére van szükség:

- *Technológiai változás:* Az egyes műtárgyak kapcsolatainak feltárása, a technológiák életciklusának vizsgálata (uralkodó technológia vs. megjelenő technológia, illetve annak klaszterei) segítheti a rendszerváltozás adott fázisának, a technológiai szűk keresztmetszeteknek és lehetőségeknek, valamint a megjelenő technológiák diffúzióját támogató, vagy hátráltató tényezőknek az azonosítását.
- *Iparági változás:* Az iparági struktúra, a technológia-fejlesztő, előállító és alkalmazó szereplők, beruházók és hálózataik, az általuk követett stratégiák, alkalmazott rutinok és képességek azonosítása és elemzése segíthet megismerni a rendszerváltozás hajtóerőit és fő akadályait.
- *Politikai változás:* A politikai keretrendszer, a tágabb értelemben vett formális, jogi intézmények a változások hajtóerői, gátjai is lehetnek. Ahogy a technológiai változás, úgy a formális intézményi változások esetében is beszélhetünk ún. útfüggőségről, abban az értelemben, hogy kialakításuk célja, hogy adott területen korrigálják, optimalizálják a társadalom, gazdaság tevékenységét, teljesítményét.
- *Társadalmi változás:* A rendszerinnovációk sikerességét meghatározzák a társadalmi szereplők tapasztalatai, értékei, attitűdjei és reakciói. A társadalmi változások ösztönözhetik és akadályozhatják is az új, ígéretes technológiák megjelenését és diffúzióját. A rendszerben megjelenő változások a vevői preferenciákat és várankozásokat érintő akkulturáció és szocializáció folyamatait ölelik fel. A változások olyan ellentétes társadalmi magatartást is kiválthat-

nak, melyek az új rendszerjellemzők beágyazódásával szembeni ellenálláshoz vezethetnek (Könnölä 2007).

2. táblázat Technológiai rezsimek dimenzionális elemzési keretrendszerei

Dimenziók	Hadjilambrinos eredeti elemzési keretrendszere	Módosított dimenzionális elemzési keretrendszer
Fizikai dimenzió	<ul style="list-style-type: none"> - A rendszer alapvető technológiáinak típusa, mértéke - Alapvető technológiák komplexitása - Az alapvető technológiák által alkalmazott erőforrások típusa - Ezen alapanyagok térbeli megoszlása - Az alapvető technológiák által létrehozott hulladékok elhelyezésénél használt erőforrások - Munkaerő-intenzitás - Munkaerő képzettségének megkívánt szintje, típusa - Tőkeintenzitás - Az alapvető technológiák minimális tőkeigénye 	<ul style="list-style-type: none"> - Rendszer alapját képező technológiák mérete, típusa - A technológiák által használt erőforrások típusa, mennyisége - Alapanyagok térbeli megoszlása - A technológiák környezeti hatásai - Munkaerő-intenzitás - Tőkeintenzitás
Szervezeti dimenzió	<ul style="list-style-type: none"> - Szervezet mérete - Szervezet struktúrája - Menedzsment technikák 	<ul style="list-style-type: none"> - Stratégia és funkcionális területek - Szervezeti mérete és struktúra - Tulajdonosi viszonyok
Intézményi dimenzió	<ul style="list-style-type: none"> - Intézményi struktúra - Rendszert alkotó intézmények közötti interakciók szabályai - Koncentráció - Tulajdonviszonyok - A rendszerrel interakcióban lévő külsős intézmények - A külsős intézményekkel való interakciókra vonatkozó szabályok 	-
Piaci dimenzió	-	<ul style="list-style-type: none"> - Piaci struktúra, szereplői csoportok - Piaci koncentráció
Jogi dimenzió	-	<ul style="list-style-type: none"> - Formális intézmények: szabályok, előírások, törvények
Politikai dimenzió	<ul style="list-style-type: none"> - Döntéshozatali folyamat irányításának helye - Előnyök megosztásának jellege - Ideológiai alapok 	<ul style="list-style-type: none"> - Ideológiai alapok - A rezsím informális intézményei - Döntéshozatali folyamat és irányítás - Előnyök és hátrányok megosztása

Forrás: saját szerkesztés

A szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatához olyan elemzési keretrendszer alkalmazása javasolható, mely lehetővé teszi az adott szakító innováció és az uralkodó technológiai rezsím fizikai, jogi, piaci, szervezeti és politikai alapjai között megjelenő kölcsönkapcsolatok egyidejű vizsgálatát. Ennek legjobb eszközéül véleményem szerint Hadjilambrinos modellje szolgálhat, hiszen a másik

két elemzési módszerhez képest a dimenzionális keretrendszer struktúrája az uralkodó technológiai rezsim valamennyi, a rendszerváltoztatási potenciál feltárása szempontjából szükséges dimenzió vizsgálatát is támogatja. Ugyanakkor a keretrendszer módosítására is szükség van, melyet a 2. táblázat szemléltet.

Hadjilambrinos modelljének ugyanis egyik legfontosabb hibája, hogy a szervezet és intézmény kifejezéseket azonos értelemben használja. Ezt tükrözi az intézményi dimenzió felépítése is, hiszen az eredeti modellben itt található a technológiai rendszert alkotó szervezetek jellemzőinek vizsgálata is, miközben sem a politikai, sem az intézményi dimenzió mentén nem kerülnek bemutatásra az informális intézmények (pl. szokások, normák). Ennek orvoslása érdekében a módosított keretrendszerben a formális intézmények a jogi dimenzióba, az informális intézmények pedig a rezsim politikai dimenziójába sorolódtak. Ráadásul, Hadjilambrinos két olyan aldimenziót is figyelmen kívül hagyott, melyek tárgyalására mindenképpen ki kell térni a technológiai rendszerek változásának elemzésekor. Az eredeti modell szervezeti dimenziója ugyanis nem tartalmazza a domináns piaci szereplők által követett stratégiák és a fő funkcionális területek jellemzését, csak a rendszer domináns szervezeteinek méretével, struktúrájával és menedzsment elveivel foglalkozik. Emellett, a politikai dimenzió vonatkozásában Hadjilambrinos csak az előnyök megoszlásával foglalkozik, melyet véleményem szerint ki kell egészíteni a hátrányok megoszlásának vizsgálatával is.

Bár a fenti elemzési keretrendszer alkalmas az egyes technológiai innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatára, a technológiai rendszerek fenntartható pályára állításának kérdését tekintve, nem szabad megelégednünk arról, hogy még ha egy, az uralkodó technológiával szemben kedvezőbb környezeti, társadalmi és gazdasági jellemzőkkel bíró szakító innováció rendszerváltoztatási potenciállal is bír, az nem garantálja automatikusan a környezeti, társadalmi és gazdasági szempontból fenntartható technológiai rendszer kialakulását. Rendszerelméleti szempontból ezt csak az uralkodó és a megjelenő rendszerek fenntarthatósági kritériumok alapján történő dinamikus, komplex összehasonlítása igazolhatja.

5. Összegzés

A gazdasági, társadalmi és környezeti fenntarthatóság gyakorlatba ültetésének útjában olyan komplex, rosszul strukturált és permanens akadályok állnak, melyek radikális változásokat igényelnek valamennyi szint és szereplő részéről. A fenntartható fejlődés elérési útjait vizsgáló eltérő szakirodalmi megközelítések egyfajta összegzésének tekinthető rendszerinnovációs elmélet szerint azok az ún. rendszerinnovációk állítandók középpontba, melyek az adott technológiai rendszerek struktúráját változtatják meg, azaz nemcsak az ellátási, vagy kínálati, hanem a keresleti, felhasználó oldali, strukturális változásokat is előidézik. Ahogyan azt a cikkből is láthattuk azok a szakító innovációk rendelkezhetnek rendszerinnovációs potenciállal, melyek képe-

sek a technológiai rendszer köré kiépült technológiai rezsím társadalmi, gazdasági, műszaki, piaci, jogi és politikai dimenzióiban egyaránt változásokat előidézni. Következésképpen, a szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának felmérését segítő dimenzionális keretrendszernek is alkalmasnak kell lennie ezen hatások vizsgálatára.

Felhasznált irodalom

- Bajmócy Z. – Málovics Gy. (2011): Az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk hatása a fenntarthatóságra. Az IPAT formula dinamizálása. *Közgazdasági Szemle*, 58, 10, pp. 890-904.
- Baranyi Á. (1999): Gazdasági és erkölcsi megfontolások a vállalati környezetvédelemben, avagy a szennyezésmegelőzés módszerének etikai vetületei. *Kovács*, 3, 1-2, pp. 50-68.
- Bechetti, L. – Ciciretti, R. – Hasan, I. (2007): Corporate Social Responsibility and Shareholder's Value: An Event Study Analysis. *Working Paper Series*, Federal Reserve Bank of Atlanta, 6, pp. 2-33.
- Bela Gy. – Pataki Gy. – Valené Kelemen Á. (2003): Társadalmi részvétel a környezetpolitikai döntéshozatalban. Letöltés ideje: 2010.02.11. <http://www.kka.hu/>
- Bergek, A. – Jacobsson, S. – Carlsson, B. – Lindmark, S. – Rickne, A. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37, pp. 407-429.
- Berkhout, F. (2002): Technological regimes, path dependency and the environment. *Global Environmental Change*, 12, 1, pp. 1-4.
- Bijker, W. E. (1995): *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Towards a Theory of Sociotechnical Change*. MIT Press, Cambridge.
- Buday-Sántha A. (2004): *A természeti tőke és az agrárgazdaság szerepe a területi versenyképességben*. PTE-KTK, Pécs.
- Callon, M. (1992): Techno-economic networks and irreversibility. In Foray, D. – Freeman, C. (eds): *Technology and the Wealth of Nation*. Frances Printer, London, pp. 275-324.
- Carlsson, B. – Stankiewicz, R. (1991): On the nature, function, and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1, pp. 93-118.
- Clayton, A. – Spianrdi, G. – Williams, R. (1999): *Policies for Cleaner Technology – A New Agenda for Government and Industry*. Earthscan, London.
- Costanza, R. – Daly, H. E. (1992): Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology*, 6, 1, pp. 37-46.
- David, P. (1985): Clio and the economics of QWERTY. *American Economic Review*, 75, pp. 332-337.
- Deutsch N. (2006): Innovációk a fenntarthatóság szolgálatában – A biomassza mint fenntartható rendszerinnováció. *Vezetéstudomány*, 37, 7-8, pp. 50-56.
- Deutsch N. (2011): A technológiai rendszerek innovációja. *Doktori értekezés*, PTE KTK, Pécs.
- Deutsch N. – Turzó B. (2005): Innováció, tudásmenedzsment és környezettudatos gazdálkodás. In Buday-Sántha A. – Erdősi F. – Horváth Gy. (szerk.): *Regionális Politika és Gazdaságtani Politikai Iskola Évkönyv 2004-2005*. PTE-KTK, Pécs, pp. 243-254.

- Dosi, G. (1982): Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy*, 11, pp. 142-167.
- Ellul, J. (1980): *The Technological System*. Continuum Publishing Cooperation, New York. Letöltés ideje: 2008.05.08. <http://www.citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc>
- Freeman, C. – Perez, C. (1988): Structural Crisis of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour. In Dosi, G. – Freeman, C. – Nelson, R. – Silverberg, G. – Soete, L. (eds): *Technical Change and Economic Theory*. Pinter, London, pp. 38-66.
- Foxon, T. J. (2003): *Inducing Innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies*. <http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CT-2003-07>. Letöltés ideje: 2007.12.05.
- Geels, F. W. (2004): From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. *Research Policy*, 33, pp. 897-920.
- Grübler, A. (1998): *Technology and Global Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gutés, M. C. (1996): The Concept of Weak Sustainability. *Ecological Economics*, 17, 3, pp. 147-156.
- Hadjilambrinos, C. (1998): Technological regimes: an analytical framework for the evaluation of technological systems. *Technology in Society*, 20, pp. 179-194.
- Hawken, P. – Lovins, A. B. – Lovins, L. H. (1999): *Natural Capitalism – The Next Industrial Revolution*. Earthscan, London.
- Hekkert, M. P. – Suurs, R. A. A. – Negro, S. O. – Kuhlmann, S. – Smits, R. E. M. H. (2007): Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74, pp. 413-432.
- Hughes, T. P. (1983): *Network of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Inzelt A. (1998): *Bevezetés az innovációmenedzsmentbe*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Jacobsson, S. – Bergek, A. (2004): *Transforming the Energy Sector: The Evolution of Technological Systems in Renewable Energy Technology*. Letöltés ideje: 2007.11.22. <http://userpage.fu-berlin.de/ffu/akumwelt/bc2003/proceedings/208%20-%20236%20jacobbsen.pdf>,
- Jacobsson, S. – Sanden, B. A. – Bangens, L. (2004): Transforming the energy system – The evolution of the German technological system for solar cells. *Technology Analysis & Strategic Management*, 16, 1, pp. 3-30.
- Kemp, R. (2008): Sustainable technologies do not exist! *DIME Conference "Innovation, Sustainability and Policy"*, Bordeaux, 11-13. September 2008. Letöltés ideje: 2008.12.04. <http://www.dime-eu.org/files/active/0/Kemp%20-%20Sustainable%20technologies%20do%20not%20exist%206-9-2008.pdf>
- Kemp, R. – Arundel, A. (1998): Survey Indicators For Environmental Innovation. *IDEA Paper Series*, 8/1998, Step Group Norway. Letöltés ideje: 2005.02.11. <http://www.sol.no/step/IDEA>
- Kerekes S. – Kindler J. (1997): *Vállalati környezetmenedzsment*. Aula Kiadó, Budapest.
- Kerekes S. (2008): *A fenntartható fejlődés és versenyképesség. Közgazdasági és játékelméleti megfontolások*. Letöltés ideje: 2009.02.03. <http://www.menszt.hu>
- Klein-Woolthuis, R. – Lankhuizen, M. – Gilsing, V. (2005): A system failure framework for innovation policy design. *Technovation*, 25, pp. 609-619.

- Könnölä, T. (2007): Industry Dynamics and Technological Roadmaps in International RD&D Management. *First European Conference*, IPTS Joint Research Centre of European Commission, Seville, Spain, October 8th-9th 2007. Letöltés ideje: 2008.05.04. <http://iri.jrc.es/concord-2007/papers/strand6/Konnola.pdf>
- Kurz, R. (1996): *Innovationen für eine zukunftsfähige Entwicklung*. Aus Politik und Zeitgeschichte. Beilage zur Wochenzeitung Das Parlament B7/96, pp. 14-22.
- Lee, B. W. – Green, K. (1994): Towards Commercial and Environmental Excellence: A Green Portfolio Matrix. *Business Strategy and the Environment*, 3, 3, pp. 4-5.
- Liebowitz, S. J. – Margolis, S. E. (1998): *Path dependence*. Idézi Lafferty, W. – Ruud, A. (2008): Promoting Sustainable Electricity in Europe, Edward Elgar, Cheltenham <http://www.utdallas.edu/~liebowit/palgrave/palpd.html>
- Malerba, F. – Orsenigo, L. (1993): Technological Regimes and Firm Behavior. *Industrial and Corporate Change*, 2, 1, pp. 45-74.
- Málovics Gy. – Bajmócy Z. (2009): A fenntarthatóság közgazdaságtani értelmezései. *Közgazdasági Szemle*, 56, pp. 464-483.
- Markusson, N. – Olofsdotter, A. (2001): *Drivers for Environmental Innovation*. Letöltés ideje: 2006.01.15. <http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/vf-01-01.pdf>
- Marshall, A. (2007): *The Theory and Practice of ecomimicry*. Sustaining Gondwana. http://strongercommunities.curtin.edu.au/local/pdf/Gondwana_Working_Papers_Issue3.pdf. Letöltés ideje: 2010.04.05.
- Mokken, J. R. – Stokman, N. F. (1976): Power and Influence as Political Phenomena. In Barry, B. M. (ed.): *Power and Political Theory*. Wiley, Oxford, pp. 33-54. o. Letöltés ideje: 2010.09.01. <http://www.stokman.org/artikel/76Mokk.Pow&Influence.PPT.pdf>
- Nelson, R. R. – Winter, S. G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, Cambridge.
- Ottens, M. – Franssen, M. – Kroes, P. – van de Poel, I. (2006): Modelling infrastructures as socio-technical systems. *International Journal of Critical Infrastructures*, 2, 2-3, pp. 133-145.
- Pataki Gy. (2000): Az ökológiailag fenntartható vállalat. *Doktori értekezés*. Letöltés ideje: 2008.04.23. http://phd.lib.uni-corvinus.hu/199/1/pataki_gyorgy.pdf
- Pearce, D. – Atkinson, G. (1993): Capital Theory and the Measurement of Sustainable Development: An Indicator of Weak Sustainability. *Ecological Economics*, 8, pp. 103-108.
- Porter, M. – van der Linde (1995): Green and Competitive. *Harvard Business Review*, 09-10, pp. 120-134.
- Prahalad, C. K. – Hammond, A. (2002): Serving the World's Poor, Profitably. *Harvard Business Review*, 80, 9, pp. 48-57.
- Sartorius, C. – Zundel, S. (2005): *Time Strategies, Innovation and Environmental Policy*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Schäfferné Dudás K. (2008): A környezettudatosság többszintű értelmezése és a környezettudatos fogyasztói magatartás vizsgálata. *Doktori értekezés*, Pécsi Tudományegyetem, Kézirat.
- Smith, A. (2003): Alternative Technology Niches And Sustainable Development. SPRU, *Working Paper*, Series Number 2003/2, Letöltés ideje: 2006.09.14. <http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/imprint/sewps/sewp86/sewp86.pdf>

- Tukker, A. – Tischner, U. (2006): *New Business for Old Europe. Product Services, Sustainability and Competitiveness*. Greenleaf Publishing Ltd, Sheffield.
- Unruh, G. C. (2000): Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28, pp. 817-830.
- van den Bergh, J. – Kemp, R. (2006): Economics and Transitions: Lessons from Economic Sub-disciplines. United Nations University – Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology, *Working Paper*, 2006-038. Letöltés ideje: 2008.01.13. <http://www.merit.unu.edu>
- von Weizsäcker, E. – Lovins, A. B. – Lovins, L. H. (1997): *Factor Four, Doubling Wealth, Halving Resource Use*. Earthscan, London.
- Voß, A. – Bauknecht, D. – Kemp, R. (2006): *Reflexive Governance for Sustainable Development*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.